

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 3 日現在

機関番号：13501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25730120

研究課題名(和文)視線追跡機能付き透過型装着ディスプレイによる片眼失明者のための距離情報増強提示

研究課題名(英文) Monoglass for providing enhanced distance information for people losing sight in one eye with an eye tracking wearable display

研究代表者

豊浦 正広 (TOYOUURA, Masahiro)

山梨大学・総合研究部・助教

研究者番号：80550780

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、片眼失明者に距離を強調した映像を提示する片眼鏡の開発を行った。片眼鏡は、目線に取り付けた2台のカメラで眼前の映像を取り込み、距離情報を1チャンネルの映像の中に埋め込み、装着型ディスプレイに提示する。脳内で行われる両眼立体視機能を2台のカメラと計算機が補完する。光学透過型でも適用可能な色強調による手法を開発し、この手法は距離をより明確に表現するためにも貢献することを確認した。

研究成果の概要(英文)：In this research project, we propose "mono-glass" for providing distance information for people losing sight in one eye. The proposed mono-glass is a wearable device with two cameras and one display. The two cameras capture the images on behalf of user's eyes. Depth information is then reconstructed from the captured images and visualized with defocusing for the healthy eye. Our color enhancement method is applicable to an optical see-through display. We confirmed that the method also contributes to provide distinct depth information.

研究分野：コンピュータグラフィックス

キーワード：片眼鏡 拡張現実感 情報可視化 機能代行 画像合成 顕著性マップ

1. 研究開始当初の背景

片眼失明者は両眼立体視の機能がないために、運動視差を利用するなどのその他の立体視機能によって距離感を得ている。一方で、近方作業に対しては両眼立体視以外の立体視機能からは十分な距離情報が得られず、距離感がつかみにくなる。これは先天性・後天性失明の別に依らない。片眼失明はそれだけでは視覚障害者と認定されないため正確な統計はないが、視覚障害者の認定者数(日本で31万人、世界で2億8500万人)よりも多いとみられている。

先天的な片眼失明者や、片眼の生活に慣れた片眼失明者では、両眼視差以外にも運動視差などによって距離情報の把握が可能となる状況も多い。たとえば、首を振って視点を変えることで距離に応じた運動視差を得ることができる。それでもなお、近方作業においては両眼視差以外では距離情報が把握しにくい。また、疾患や外傷によって生じる後天的な片眼失明の直後には、失われた両眼立体視機能を補完する訓練が必要となる。両眼の視機能が良好な健常者は、1.両眼の視差を利用して対象物までの距離を獲得し、2.対象物に焦点を合わせることで対象物以外ではぼけた画像を獲得している。焦点の合っていない領域の画像は脳内処理で信号が抑制され、焦点の合った部分のみが強調されて見えている。片眼のみでは視差がないため、対象物までの距離の獲得が難しくなる。

これに対して、従来の視覚支援装置には片眼失明者への支援を考えたものがなかった。両眼失明者に対しては、白杖の先の距離情報をグリップ面の凹凸や振動の強弱で表現するものや、脳に数十チャンネルの電極を埋め込んで光の信号を脳に直接伝えるものが提案されてきたが、片眼失明者が近方作業に利用できるような手法とはなっていなかった。

2. 研究の目的

我々は、両眼視機能を一部代行する“片眼鏡”の開発を進めてきた。片眼鏡は近方作業や片眼失明直後の生活の支援を想定して設計している。図1に片眼鏡の概要を示す。

片眼鏡は2台のカメラとヘッドマウントディスプレイから成る。図2に示すように、利用者の目線に取り付けた2台のカメラで得られる画像から、被写体までの距離を計算し、距離に応じて焦点ぼけを強調した画像を生成する。利用者には焦点ぼけの有無によって1枚の画像の中で強調された距離情報が提示されることになる。片眼失明者支援のための装置は、現段階で我々の片眼鏡において他にはなく、同分野においては先駆的な立場にある。

研究期間開始時までに行った被験者実験では、片眼で映像を見ながら二物体間の三次元的な位置合わせを行うタスクを与え、焦点



図1 片眼鏡の食事での利用例

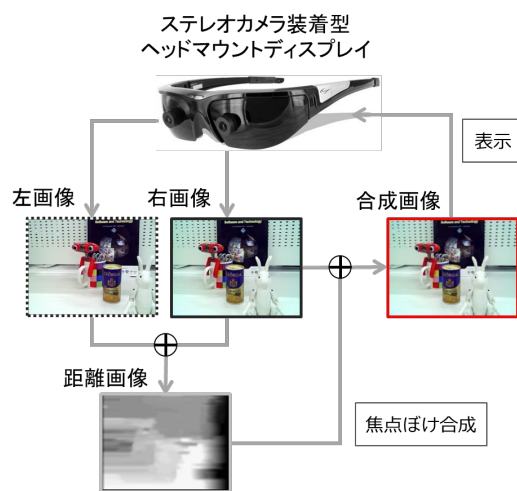


図2 片眼鏡による焦点ぼけ画像合成

ぼけ合成の有無によるタスク実行時間の違いを調べた。結果として、両眼が健常な被験者8名中6名でタスク実行時間が統計的に有意に短縮され、最大では16.8%短縮した。この結果により、一部の被験者に対して焦点ぼけ

合成が距離情報の提示に貢献できることを確かめた。一方で、普段から片眼での作業に慣れている片眼弱視者では、むしろタスク実行時間が長くなることがあった。これまでの被験者実験を通して以下の3つの課題が見出された。

- (1) 使用した装着型ディスプレイの視野角が31°と狭く、眼前の世界を見ている感覚に乏しい。
- (2) 焦点ぼけ合成による距離提示法では、通常の映像を見ているときと同じ感覚で違和感なく作業ができるものの、両眼視するときに比べて距離感をつかみにくい。
- (3) 映像合成のためのパラメータは5つあり、ぼけの強度や基準奥行き位置などを調整することができるようにしていたが、被験者がそれぞれのパラメータを設定するのは煩雑であった。この結果、ほとんどの被験者が初期パラメータのままタスクを実行した。

上述の3つの課題を以下の方法によりそれぞれ解決し、すべての片眼失明者に有効な距離情報の増強提示を実現する。

- (1) 向こうが透けて見える透過型装着ディスプレイを新たに採用し、これに合わせた映像合成手法を新規提案することで、映像提示範囲を片眼の視野全体にまで広げる。
- (2) CG分野で提案されている空間可視化技法を導入することで、距離情報を明確に表現する。
- (3) 提示映像に対する利用者の視線を解析することで、最適なパラメータを自動で設定する。

課題解決にあたっては、これまでに研究代表者らが進めてきた1. 多視点画像統合による三次元形状獲得、2. CG分野における人間知覚に沿った絵画調画像合成、3. 視線解析による動画要約で得た技術がそれぞれ利用できる。

3. 研究の方法

以下の3つの課題を設定し、これらを研究期間内に実施した。3つの課題を解決することで、すべての片眼失明者に有効な距離情報の増強提示を実現することを目指した。

課題(1) 透過型装着ディスプレイのための距離提示手法の提案

課題(2) CG分野における空間可視化技法の実観測映像への適用

課題(3) 視線解析による映像合成パラメータの自動最適化

4. 研究成果

課題(1) 透過型装着ディスプレイのための距離提示手法の提案

視線追跡装置付光学透過型ディスプレイでの片眼鏡の実現に向けて、ハードウェアとソフトウェアの両面からの調査を行った。視線追跡装置付光学透過型装着ディスプレイが一般向けに発売される動きがあったために、ソフトウェア的な手法の検討を先に進めた。2台のカメラからの高速・高精度で頑健な距離取得について実装し、映像合成に合うように距離画像を修正する手法を開発した。晴眼者を対象とした被験者実験により、映像透過型ヘッドマウントディスプレイにおいては、距離を把握しやすい映像を合成できていることを確認した。

従来の映像透過型ディスプレイでは視野角の狭さが問題となるが、光学透過型ディスプレイでは画素の値を自由に変える必要のある焦点ぼけによる画像合成方法は適用できなかった。進出色と後退色の重畳提示による距離表現、および、CG分野の既存手法であるデプスアンシャープマスキングによる距離表現に可能性を見出し、導入の検討と実装を進めることを決めた。詳細は後述の課題(2)で述べる。

研究当初に片眼鏡の有望なプラットフォームであると見込んでいたGoogle社のGLASSは日本で一般販売されることなく、開発中断となった。外向けのカメラなどによるプライバシーの問題が解決できなかったことが主な要因である。安価な一般向けデバイスをベースにして実装することで、広く一般に片眼鏡を提供することを見込んでいたが、残念ながらかなわなかった。一方で、Oculus RiftやMicrosoft HoloLensなど広画角の装着型ディスプレイが登場してきており、今後、片眼鏡が求める仕様を持つ安価な装着型デバイスが一般向けに提供できる可能性が広がってきている。また、これらの装置は装着型ディスプレイの社会的認知を広げてきており、プライバシー保護に対する過剰な反応が社会的に薄くなりつつある。このような傾向は、今後さらに片眼鏡開発を進めるに当たっての追い風となる。

課題(2) CG分野における空間可視化技法の実観測映像への適用

指定した奥行きで緑に、その直前では赤に、その直後では青に物体を着色することで、捜査対象物体が指定位置にあることを示すcolor curtainsという手法を提案した。この手法では、図3に示すように、距離画像に基づいて、入力画像に着色を行う。結果として、赤・緑・青の3色の半透明なカーテンが物体に掛かったような出力画像が得られる。

Color curtainsは明度を上げる方向での表示方法であるために、光学透過型ディスプレイ

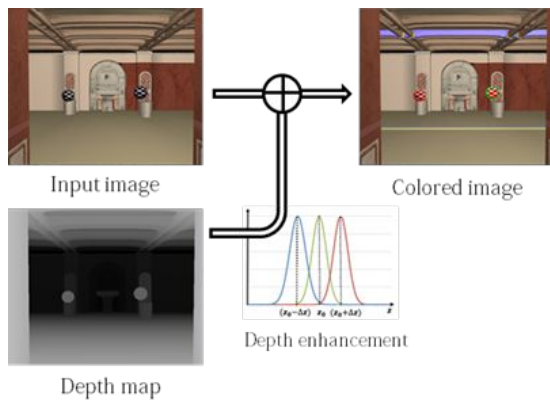


図3 奥行きに応じた物体着色による距離情報強調提示

でも提示が可能となった。このことは、当初より課題として挙げていた(1)装着型ディスプレイに制限されていた利用者の観測範囲を片眼視野全体まで広げることについて、解決できたことを意味する。

距離のみに応じて着色を行うと、画面上の多くの領域を着色してしまうことになり、利用者に違和感を生じさせることとなった。そこで、CG分野の既存手法であるデプスアンシャープマスキングを適用して、奥行きに差のある物体境界付近にのみ着色を行う手法を合わせて提案した。

この提示方法に対して被験者実験を行ったところ、入力画像を何も加工しない場合や、焦点ぼけによって距離情報を強調表示した場合に比べて、短時間で正しい位置に操作物体を配置することができることを確かめた。当初課題として挙げていた、(2)明確に距離を表現することについても、ひとつの解を得ることができた。

課題(3) 視線解析による映像合成パラメタの自動最適化

利用者の生理的反応を調べて自動でパラメタを設定・変更するよりも、利用者が手動で自信に最適なパラメタを設定する方が目的に合致していることがわかってきた。自動でパラメタを修正してしまうと、利用者が脳内で学習した片眼鏡に対する感覚が、利用できなくなるためである。近視・遠視を矯正するための眼鏡も、単にその利用者の視力を矯正するだけでなく、その利用者が違和感を覚えないことが重要であり、上記インタフェースもこの事実に沿った設計になっている。

そこで当初の目標を変更して、これができるようなインタフェースの開発を進めた。

利用者ごとの最適な映像合成パラメタを自動設定するために、眼前の領域を直接指定できるクリックインタフェースの開発を行った。単眼では難しかったクリック動作の検出を行うことができるようになった。また、装着型カメラのような動きぶれや焦点ぼけ

を含むカメラ映像からでも位置を推定できるマーカについても開発した。これらにより、手動設定によるパラメタ調整機能の一部完成を見ることができた。

以上の成果は、電子情報通信学会論文誌、The Visual Computer で原著論文として掲載され、ウェアラブル・エレクトロニクス内の解説記事などとしても掲載された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

- (1) Masahiro Toyoura, Haruhito Aruga, Matthew Turk, Xiaoyang Mao, "Mono-Spectrum Marker: an AR Marker Robust to Image Blur and Defocus," The Visual Computer, Vol.30, No.9, pp.1035-1044, 2014-9. (査読有)
- (2) 杉浦 篤志, 豊浦 正広, 茅 暁陽, "拡張現実感のための直感的クリックインタフェース", 電子情報通信学会論文誌, Vol.J97-D, No.9, 2014-9. (査読有)
- (3) 豊浦 正広, 柏木 賢治, "片眼鏡 - 片眼失明者への距離情報の強調提示", 日本薬学会誌ファルマシア, Vol.50, No.3, pp.240-242, 2014-3. (査読無)
- (4) 豊浦 正広, 柏木 賢治, 茅 暁陽, "片眼失明者に距離情報を強調提示する片眼鏡の開発", 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.18, No.4, pp.475-486, 2013-12. (査読有)

〔学会発表〕(計7件)

- (1) Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, "Color Curtains for Providing Enhanced Depth Information," NICOGRAPH International, Poster, 2016-7. (発表確定, Hangzhou (China))
- (2) Atushi Sugiura, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, "A Natural Click Interface for AR Systems with a Single Camera," Graphics Interface, pp.67-75, 2014-5. (Toronto (Canada))
- (3) Masahiro Toyoura, "Video Visualization with Computer Vision," NII Shonan Meeting Seminar, Computer Visualization - Concepts and Challenges (046), 2014-3. (湘南国際村センター・神奈川県葉山町)
- (4) Masahiro Toyoura, Haruhito Aruga, Matthew Turk, Xiaoyang Mao, "Detecting Markers in Blurred and Defocused Images," Cyberworlds, pp.183-190, 2013-10. (慶應義塾大学・神奈川県横浜市)

- (5) Atsushi Sugiura, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, "Clickable Virtual Button in Real Space," Cyberworlds, pp.384, Poster (**Best Poster Award (FORUM8 Co.,Ltd.)**), 2013-10. (慶應義塾大学・神奈川県横浜市)
- (6) 杉浦 篤志, 豊浦 正広, 茅 暁陽, "拡張現実のための直感的クリックインタフェース", 情報処理学会 グラフィクスと CAD 研究会, Vol.2013-CG-152, Article 7, 2013-9. (穂の国とよはし芸術劇場プラット・愛知県豊橋市)
- (7) 杉浦 篤志, 豊浦 正広, 茅 暁陽, "拡張現実のための直感的クリックインタフェース", やまなし産学官連携研究交流事業, 2013-9. (ベルクラシック甲府・山梨県甲府市)

〔図書〕(計 1 件)

- (1) 豊浦 正広, 柏木 賢治, 茅 暁陽, "片眼失明者のための距離情報の獲得と提示", ウェアラブル・エレクトロニクス・通信・入力・電源・センサから材料開発, 応用事例, セキュリティまで, NTS, pp.173-184, 2014-6.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 1 件)

名称: 仮想物体クリック装置, 方法及びプログラム

発明者: 豊浦 正広, 杉浦 篤志, 茅 暁陽

権利者: 国立大学法人山梨大学

種類: 特許

番号: 特願 2013-179269

出願年月日: 2013 年 8 月 30 日

国内外の別: 国内

取得状況 (計 1 件)

名称: 立体感提示装置および方法ならびにぼけ画像生成処理装置, 方法およびプログラム

発明者: 豊浦 正広, 柏木 賢治

権利者: 国立大学法人山梨大学

種類: 特許

番号: 第 5891554 号

取得年月日: 2016 年 3 月 4 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

片眼失明者のための片眼鏡

<http://www.vc.media.yamanashi.ac.jp/stereo/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

豊浦 正広 (TOYOURA, Masahiro)

山梨大学・大学院総合研究部・助教

研究者番号: 80550780

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし